



## طراحی و ساخت نمایشگر لمسی بریل

سیدحسین الاسلام صدرنژاد

استاد دانشکده مهندسی و علم مواد - دانشگاه صنعتی شریف

محمد باقر ادانی

طراح تحصیلی کارشناسی ارشد - دانشکده آزاد واحد شمال تهران

**چکیده** عموم مردم برای دریافت اطلاعات، می‌توانند از رایانه استفاده کنند. اطلاعات خروجی رایانه، عموماً از طریق ماینور به نمایش گذاشته می‌شود. لکن افراد نابینا و نیمه بینا قادر به استفاده از صفحه نمایش نیستند. برای رفع این نقیصه، نمایشگر لمسی - با برجسته‌ساز بریل - طراحی و ساخته شده است. این سیستم قادر است به کمک رایانه، کلیه فایل‌های متنی ذخیره شده در حافظه یا وارد شده از طریق شبکه را به خط بریل تبدیل نموده و بر یک سطر ۴۰ کاراکتری، بطور مرتب برجسته نماید. این سیستم، نابینا را قادر می‌سازد که به کمک حس لامسه، حروف را تشخیص داده و متن را سطر به سطر دریافت نماید. بطور کلی برجسته‌ساز بعنوان بخشی از یک سیستم رایانه شخصی، می‌تواند توسط فرد نابینا و نیمه نابینا مورد استفاده قرار گیرد. با این تفاوت که بجای داشتن ماینور، دارای خط نقطه‌ای برجسته شونده است. هر خط برجسته‌ساز، مشتمل بر ۴۰ سلول بوده و هر سلول دارای ۶ یا ۸ نقطه متحرک مستقل است که از ترکیب بالا و یا پایین بودن نقاط، می‌توان حروف بریل را ایجاد نمود. مثلاً حرف گنگ با ۴ نقطه بصورت (۱۱۱۱) نمایش داده می‌شود. مشخص است که مشکل‌ترین قسمت یک برجسته‌ساز از نظر ساخت، سلولهای آن می‌باشد. این سلولها بدلیل ظرافت، تکنولوژی پیچیده و کوچکی عملگرها، محصوراً توسط بعضی شرکت‌های خارجی ساخته شده و وارد کشور می‌شوند. در این طرح، تکنولوژی نوینی برای ساخت سلولهای برجسته‌ساز بریل بکار گرفته شده است؛ بطوریکه از آلیاژ حافظه‌دار نیکل-تیتانیوم برای ایجاد حرکت‌های نقطه‌ای و شکل‌دهی حروف استفاده شده است. ساخت سلولها با هزینه بسیار اندک و کیفیت مناسب انجام شده و طرح آماده پیاده شدن در مقیاس صنعتی است.

### عقدمه

برجسته ساز لمسی سیستمی است که با اتصال به رایانه، قادر به تبدیل متن فارسی به متن بریل می‌شود. به کمک این دستگاه، نابینا قادر می‌شود هر متن ذخیره شده‌ای را به آسانی و بطور خط به خط بخواند. سلولهای بریل، در گذشته، با استفاده از سلولونید و تیغه‌های یزوالکتریکی ساخته شده، اما دارای عمری عموماً کوتاه، عملکردی غیر ایده‌آل و قیمت نسبتاً زیاد بوده است. استفاده از آلیاژ حافظه دار نایتینول، امروز، ساخت این سلولها را آسان ساخته و امکان طراحی بهینه فارغ از محدودیتهای مربوط به تهیه مگنتهای ریز را فراهم ساخته است [۱].  
نمایشگر لمسی بریل مشتمل بر سه بخش سلولهای بریل، واحد کنترل و پردازش و نرم افزار ارتباط دهنده است. هر سطر بریل ۴۰ یا ۸۰ سلول دارد. سلولهای بریل، مهمترین بخش نمایشگر لمسی می‌باشند که عموماً از یک ماتریس ۲×۴ از پنجاه متحرکه با دو ترکیب بالا و پایین ایجاد شده‌اند [۱]. ۶ بین فوقانی، حروف بریل را ایجاد می‌نمایند و دو بین تحتانی نمایش دهنده حرکت مکان‌ساز در طول خط بریل هستند. قطر هر بین یک میلیمتر بوده و فاصله مراکز دو بین مجاور در یک سلول برابر با ۳ میلیمتر و فاصله دو سلول مجاور ۴/۵ میلیمتر است. برای تشخیص نقاط برجسته یک سلول، در هر حرکت، لازم است میزان جابجایی هر بین ۵/۶۵ تا ۱/۵ میلیمتر باشد. لذا ابعاد نهایی یک سلول بریل برابر با ۱۰mm × ۷/۵mm است. فضای لازم برای هر بین متحرکه با متعلقاتش و کل سیستم تحریک حداکثر ۳×۳mm است.

تبدیل گرما به حرکت در آلیاژ حافظه دار سادگی میسر بوده و ایجاد حرکت‌های صیقلی با قابلیت تکرار در دفعات متوالی از طریق سرد و گرم کردن توسط جریان الکتریکی، امکان پذیر است. لذا از آلیاژ حافظه دار می‌توان برای طراحی و ساخت سیستم تحریک بین دو سلول بریل سود جست. آلیاژ نایتینول بدلیل داشتن مشخصه های منحصر به فرد - نظیر نسبت توان به وزن بالا، حرکت نرم و آرام در فضای بسیار محدود و بدون نیاز به سیستم کاهنده سرعت - کارایی فراوانی برای انجام وظیفه

### در طرح سلولهای بریل دارد [۲]

مشأ خاصیت حافظه‌داری، استحاله قازی آستینیت / مارتریت در اثر تغییر دما است. بطوریکه با عبور جریان الکتریکی و تولید حرارت، مارتریت ترموالاستیک [۲] بوجود آمده و می‌تواند باعث تغییر طول آلیاژ و حرکت بین سلول بریل شود [۳]. اگرچه از آلیاژهای حافظه دار پایه مس و پایه آهن نیز می‌توان برای این منظور استفاده کرد؛ اما نایتینول با ترکیب ۵۴/۹۶٪ نیکل و ۴۵/۱۴٪ تیتانیوم مناسبترین آلیاژ برای ساخت سلول بریل است. آلیاژ نایتینول دارای عمر خستگی طولانی، مقاومت الکتریکی کافی و استحکام کششی قابل قبول است [۵].

پیشرفت تکنولوژی اطلاع رسانی و گسترش شبکه اینترنت، نیاز دانش پژوهان به قوای باصره را چند برابر کرده است؛ بطوریکه صفحه نمایش رایانه، امروز، تقریباً در همه جا دیده می‌شود. عملی‌رغم این پیشرفت، افراد نابینا و کم بینا از بکارگیری تکنولوژی اطلاع رسانی به لحاظ عدم امکان استفاده از صفحه نمایش، تقریباً بطور کامل، محرومند. توسعه تکنولوژی لمسی، از طریق ساده سازی طرح و شیوه ساخت سلول حسی بریل، امکان بهره گیری مطلوبتر افراد نابینا و کم بینا از تکنولوژی جدید اطلاع رسانی و رایانه را تسهیل کرده و می‌تواند گام کوچکی در جهت کاهش وابستگی به نمایشگرهای بصری به حساب آید [۶]. در این مقاله، فعالیتهای انجام شده، طی سالیهای اخیر برای طراحی و ساخت سلول لمسی بریل با استفاده از آلیاژ حافظه‌دار نایتینول و نتایج حاصل گزارش شده است.

### نمایشگر لمسی

نمایشگر لمسی بریل، وسیله پیشرفته‌ای است که برای اطلاع رسانی به نابینایان در سالیهای اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این سیستم می‌تواند اطلاعات خروجی کامپیوتر را بجای نمایش بر صفحه ماینور، بصورت حروف برجسته ایجاد کند و بدین ترتیب اطلاعات متنی موجود در حافظه کامپیوتر را بدون نیاز به پرست مطالب بصورت خط بریل، در دسترس فرد نابینا قرار دهد. نمایشگر لمسی بریل، بدین طریق می‌تواند

د	خ	ح	چ	ج	ث	ت	پ	ب	ا
ع	ظ	ط	ص	ض	ش	س	ز	ر	ذ
ی	و	ن	م	ل	ی	ک	ق	ف	غ
	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱

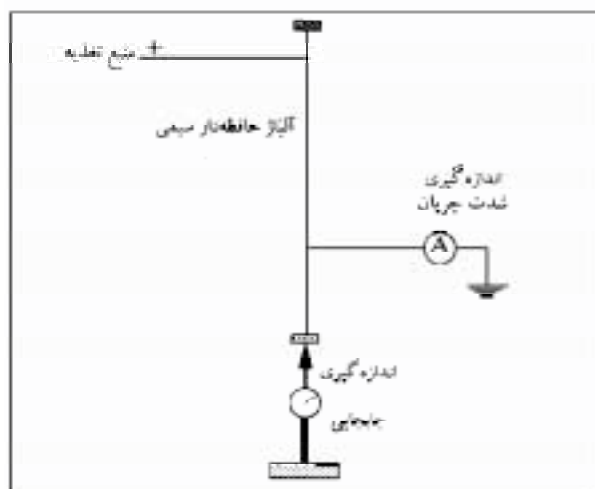
شکل ۲. حروف و اعداد بریل فارسی.

- ۱- امکان استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی مخصوص نابینایان و امکانات متنوع دیگر.
- ۲- امکان تبدیل متون بریل تایپ شده توسط نابینا به متن فارسی برای استفاده توسط افراد بینا.
- ۳- امکان ارائه بعضی از دستورالعملها بصورت صوتی.
- ۴- امکان ذخیره و بازیابی اطلاعات بصورت صوتی.
- ۵- امکان استفاده از نرم‌افزارهای آموزشی مخصوص نابینایان و امکانات متنوع دیگر.

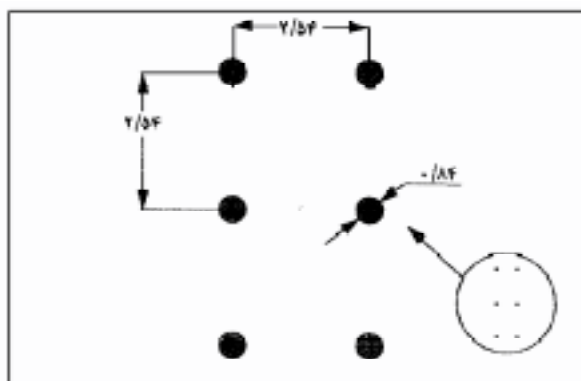
### آزمایشها و نتایج

سیم حافظه دار نایتینول بطول ۵۰ و به قطر ۲/ میلیتر توسط وزنه ثابتی کشیده شده و در همین حال جریان الکتریکی ثابتی در جهت طولی از آن صورت داده شد. میزان تغییر طول سیم توسط یک کرنش سنج حساس اندازه گرفته شد و بر حسب نیرو و شدت جریان ثبت گردید. نکتهٔ وسیلهٔ آزمایش در شکل ۳ رسم شده است. سعی شد حداکثر نیروی اعمالی در همهٔ آزمایشها از مقدار لازم برای ایجاد ۵٪ کرنش فراتر نرود؛ زیرا تنش بیش از حد می‌توانست باعث کاهش عمر آلیاژ، بالا رفتن دمای خانم تغییر حالت و افزایش پهنای هیسترسس شود. نتایج بدست آمده در شکل ۴ نشان داده شده است.

مقایسهٔ منحنیهای شکل ۴ نشان می‌دهد که سفتی آلیاژ از مارتنزیت به آستنیت افزایش می‌یابد. بطوریکه برای یک میلیمتر افزایش طول در حالت مارتنزیت، ۲/۶۴ نیوتن نیرو لازم است؛ اما برای همین مقدار افزایش طول در حالت آستنیت، ۷/۵۸ نیوتن نیرو لازم است. با توجه به این نتایج، ۲٪ برگشت آلیاژ در حالت مارتنزیت، ۸۴ مگاپاسکال تنش نیاز دارد که باید توسط فنر تأمین شود. حال با توجه به محدودیت مکان، حداکثر قطر فنر ۲ میلیمتر و حداکثر طول آن ۱۰ میلیمتر و



شکل ۳- مجموعهٔ آزمایشی برای تعیین خواص مکانیکی آلیاژ حافظه‌دار.



شکل ۱. نمونه‌ای از یک حرف بریل با فواصل و اندازه‌های استاندارد.

فایلهای کامپیوتری، نوشته‌های روزنامه‌ها، کتب، نشریات، متون، شبکه اینترنت و سایر شبکه‌های رایانه‌ای را در کوتاه‌ترین زمان ممکن، بصورت برجسته به نابینا ارائه دهد. اساس انجام این کار، بکارگیری حس لامسه توسط شخص نابینا است [۱].

لامسهٔ انسان به گونه‌ای است که برجستگیها را بهتر از فرورفتگیها تشخیص می‌دهد. بطوریکه حداقل قطر و ارتفاع برای تشخیص برجستگی، به ترتیب ۵/۰ و ۱ میلیمتر می‌باشد. نمونه‌ای از یک حرف بریل با فواصل و اندازه‌های استاندارد، در شکل ۱ نشان داده شده است. فضای کاری هر حملگر با کلیه متعلقاتش نباید بیش از حدود ۴ میلیمتر مربع باشد. تا نداشتن در حرکت پهنای مجاور بوجود نیاید. فضای سطح خارجی پهنای بایستی کاملاً مدور و صیقلی باشد تا هیچگونه نازاحتی برای نابینا بوجود نیاید. ۲۳ حرف بریل فارسی وجود دارد که همراه با اعداد ۱۰ گانه از چپ به راست خوانده می‌شوند (شکل ۲). برجسته ساز قادر است این حروف را در یک یا بیشتر خط ایجاد کند. لذا نابینا می‌تواند با لمس خط برجسته، کلمات را خوانده و اطلاعات ذخیره شده در کامپیوتر را دریافت نماید.

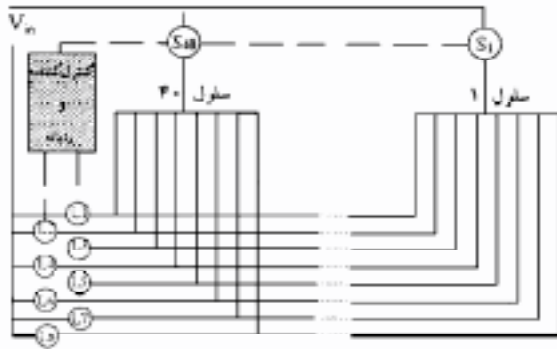
قطعات مورد نیاز برای ساخت یک دستگاه لمسی بریل با استفاده از این نوع سلولها را می‌توان بصورت زیر فهرست کرد:

- ۱- ۲۰ سلول بریل با تحریک الکتریکی در یک خط.
- ۲- مدار کنترل پین‌های بریل با امکان اتصال به رایانه.
- ۳- سیستم پردازش رایانه‌ای بصورت داخلی یا خارجی.
- ۴- پورت‌های خروجی ماینی، پرینتر و ...
- ۵- دیسک خوان 3.5"

- ۶- صفحه کلید مخصوص ورود اطلاعات توسط نابینا.
- ۷- مدار تولید کننده جریان الکتریکی ویژه برای تحریک پین‌ها.
- ۸- نرم‌افزار ارتباط دهنده مابین واحد کنترل و پردازش.
- ۹- استفاده از جریان AC و مصرف محدود و حجم کوچک.
- ۱۰- جعبه نگهدارنده.

امکانات قابل نصب زیر نیز می‌توانند برای کارایی بیشتر، به سیستم اضافه شوند:

- ۱- گرداننده دیسک فشرده CD Drive، کارت صوتی، بلندگو و سیستم انتقال اطلاعات توسط خط تلفن (مودم Modem).
- ۲- افزایش تعداد کاراکترها از ۴۰ به ۸۰.
- ۳- امکان استفاده از انواع دیسکهای نوری CD و تهیه نرم‌افزارهای مورد نیاز.
- ۴- امکان استفاده از دیسکهای فشرده صوتی.
- ۵- امکان ارتباط با شبکه اینترنت و دسترسی به کتابخانه‌های سراسر جهان و همچنین امکان ارتباط با شبکه‌های داخلی مانند ندا رایانه و ...
- ۶- امکان رد و بدل کردن اطلاعات بین دو یا چند برجسته‌ساز توسط شبکه.



شکل ۷- ترتیب اتصال بین‌های هر سلول به سوئیچها

اما وقتی که برق از آن عبور می‌کند، در اثر گرم شدن تا دمای پایداری آستنیت  $900^{\circ}\text{C}$ ، طول آن کاهش یافته و کوتاه می‌شود [۷]. سرد و گرم شدن مجدد آلیاژ می‌تواند باعث تکرار چرخه فوق گردد.

هر بین بریل نیاز به یک عملگر دارد. سلول بریل معمولی شامل ۸ بین منحرک و مستقل می‌باشد که هر بین منحرک در فضایی کمتر از  $9\text{mm}^2$  بایستی قابلیت تحریک بصورت کاملاً مستقل توسط جریان الکتریکی داشته باشد. بنابراین هر سطر ۴۰ حرفی بریل، تعداد ۳۲۰ عملگر و ارائه ۳ خط اطلاعات نیاز به ۹۶۰ عملگر دارد. برای تأمین این تعداد عملگر در فضای محدود نمایشگر لمسی، آلیاژ حافظه دار می‌تواند کمکی سرشار نماید [۸].

### کنترل ماتریسی با تحریک جریان ناپیوسته لحظه‌ای

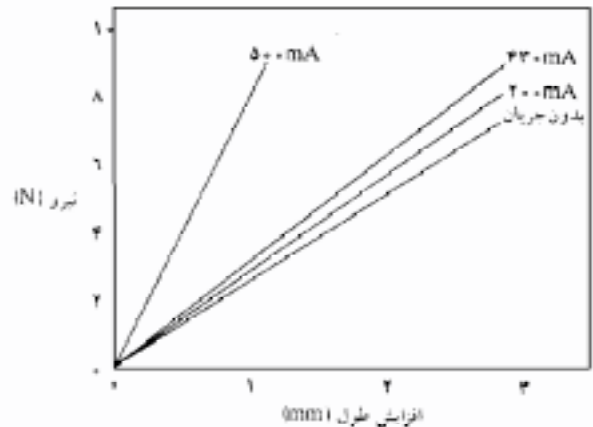
ترتیب اتصال بین‌های هر سلول به سوئیچها، در لسگر حسی ساخته شده در این تحقیق، در شکل ۷ نشان داده شده است. بطوریکه در شکل مشخص شده، یک سر هر حست بین سلول  $4\text{mm}$  به عم وصل گردیده و سپس به سوئیچ  $S_1$  اتصال یافت. انتهای سایر بین‌ها، به سوئیچهای الکترونیکی  $S_2$  تا  $S_8$  وصل گردید. بدین ترتیب برای تحریک هر بین، دو سوئیچ و در مجموع ۴۸ سوئیچ با جریان پالسی مربعی برای تحریک بینهای سلول استفاده شد.

### تأثیر پارامترهای طراحی و بهینه سازی سلول لمسی

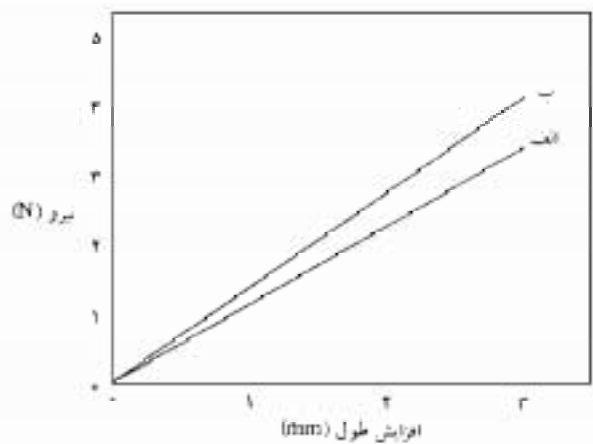
کاهش تعداد بینها سلولهای بریل معمولاً دارای ۶ بین اصلی و ۲ بین فرعی هستند. هر حرف از ترکیب ۶ بین با افزایش یک ماتریس  $2 \times 3$  درست شده و ۲ بین باقیمانده معوان مکان نما کاربرد دارند. بنابراین، از ۸۰ بین که در هر سطر به مکان نما اختصاص یافته، فقط ۱ یا ۲ بین در هر خط فعال است؛ آنهم بشرطی که در حالت عادی بینها پائین باشند. علی‌هذا برای صرفه جویی در حجم سلول و مصرف انرژی، بینها در حالت عادی، بالا و تعداد آنها ۶ عدد در سلول در نظر گرفته شده؛ بطوریکه تعداد کل بینها در هر سطر ۲۴۲ شد.

افزایش زمان تحریک زمان تحریک بینها باید به حدی باشد که اولاً انتقال اطلاعات با سرعت کافی انجام شود و ثانیاً فرد نایبنا برای احضار خط جدید، مجبور به منتظر ماندن نشود. از آنجا که بررسی آماری، سرعت متوسط خواندن خط بریل توسط افراد نابینا را ۱۰ حرف در ثانیه نشان داده است [۹]، لذا از تحریک تک پالس برای فعال کردن بینهای هر خط به مدتی پیش از یک ثانیه که بیشتر از سرعت خواندن نایبنا است استفاده شد. بدین ترتیب کاهش توان مصرفی همراه با عدم احساس انتظار در فرد نایبنا از طریق کنترل ماتریسی تک پینی حاصل شد.

افزایش طول سیم برای ایجاد ۱ میلیتر جابجایی در هر بین، لازم است



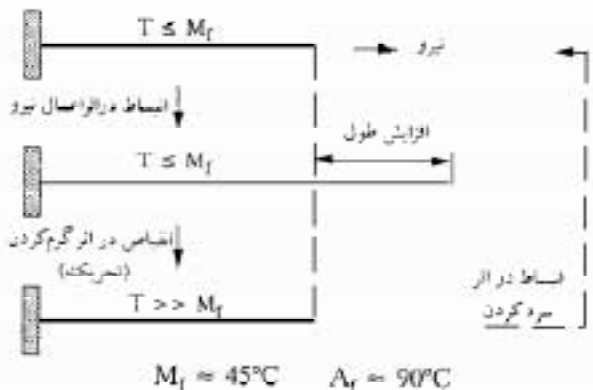
شکل ۸- نمودارهای نیرو - تغییر طول برای آلیاژ نایبناول در شدت جریانهای مختلف



شکل ۹- نمودار نیرو برحسب جابجایی (الف) فزی به قطر ۱/۲ میلیتر و (ب) ۱/۴ میلیتر.

ضریب مدتی آن باید  $2/5 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$  باشد. نمودارهای نیرو برحسب جابجایی فرمهای به قطرهای ۱/۴ و ۱/۲ میلیتر در شکل ۵ رسم شده‌اند.

چرخه تغییر شکل در آلیاژ حافظه دار نایبناول در شکل ۶ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده، آلیاژ حافظه‌دار در اثر اعمال نیرو در کمتر از  $M_f = 45^{\circ}\text{C}$ ، برآستی افزایش طول می‌دهد.



شکل ۶- چرخه تغییر شکل در آلیاژ حافظه دار نایبناول.



نتیجه آزمایش عملکرد الکتریکی پینهای بریل توسط مدار آزمایشگر در جدول ۲ خلاصه شده است. این نتایج حاکی از صحت ارقام محاسبه شده قبلی است. اطلاعات چند سطر آخر، برای مثال، کاهش زمان تحریک و توان مصرفی در اثر افزایش فرکانس - در پتانسیل تحریک ۱۲ ولت - را نشان می‌دهد.

جدول ۲- آزمایش عملکرد الکتریکی پینهای بریل توسط مدار آزمایشگر.

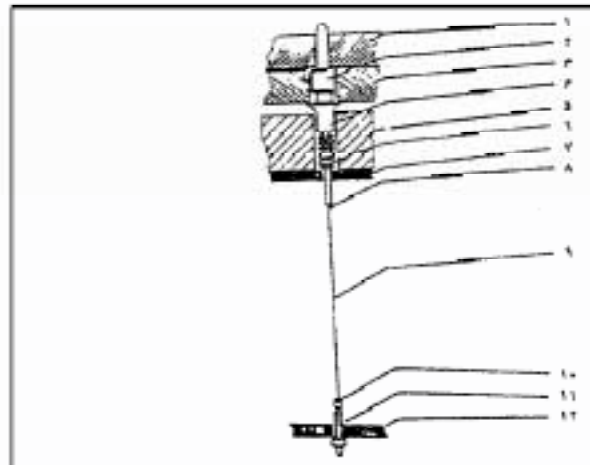
فرکانس	توان هر پین	زمان تحریک	شدت جریان	ولتاژ تحریک
Hz	Watt	ms	A	Volts
۱	۰/۱۲۰	۱۱/۵	۳/۰	۱۸/۰
۲	۰/۵۴۰	۵/۰	۳/۰	۱۸/۰
۳	۰/۵۲۰	۳/۵	۳/۰	۱۸/۰
۱	۰/۶۰۷	۲۲/۵	۳/۰	۹/۰
۲	۰/۷۰۲	۱۳/۰	۳/۰	۹/۰
۱	۰/۱۳۰	۸/۷۵	۲/۰	۲۴/۰
۲	۰/۵۴۰	۲/۵۰	۲/۰	۲۴/۰
۱	۰/۱۳۰	۷/۰	۷/۵	۱۲/۰
۲	۰/۵۸۵	۳/۲۵	۷/۵	۱۲/۰
۳	۰/۵۴۰	۲/۰	۷/۵	۱۲/۰
۴	۰/۵۴۰	۱/۵	۷/۵	۱۲/۰

### مشخصات سلول لمسی ساخته شده

در این تحقیق، سلولهای بریل با استفاده از آلیاژ حافظه دار طراحی و ساخته شد. با تحریک جریان الکتریکی، آلیاژ حافظه دار پینهای متحرک سلول بریل را بطور مستقل و به مقدار مورد نیاز - حداکثر برابر با ۱mm - در فضایی بسیار محدود به سرعت جابجا کرده و متن ذخیره شده را بصورت قابل استفاده توسط تایتا در می‌آورد.

اجزاء و قطعات سلول ساخته شده بطور خلاصه و طبق شماره‌های مندرج در شکل ۹، ذیلاً توضیح داده می‌شوند:

- صفحه فوقانی در ابعاد ۲۰×۷/۵ میلی‌متر و ضخامت ۵ میلی‌متر که در تماس با انگشتان تایتا خواهد بود.
- پین متحرک پله دار به قطر ۱ و طول ۱۰ میلی‌متر که انتهای آن در تماس با انگشتان تایتا خواهد بود.
- صفحه راهنمای پین متحرک برای هر سلول در ابعاد ۲۰×۷/۵ میلی‌متر و ضخامت ۶ میلی‌متر است.
- لوله فلزی برای اتصال اجزاء و تکیه گاه فوقانی فنر برگشت به قطر ۱/۳ میلی‌متر.



شکل ۹- نقشه سلول بریل طراحی شده در این تحقیق.

۲٪ کرنش در ۵۰ میلی‌متر سیم تایتانول بوجود آید. اما با توجه به امکان افزایش عمر آلیاژ با کاهش کرنش، طول سیم را می‌توان ۷۵ میلی‌متر و درصد کرنش آن را ۱/۵ در نظر گرفت. زمان تحریک پینها، در این صورت، ۱/۶ ثانیه، عمر سیم ۷۵ میلی‌متری حدود ۵ میلیون دور و میزان توان مصرفی ۱۳۵ وات خواهد بود.

کاهش قطر سیم انتخاب قطر پین به براساس چند عامل انجام می‌شود:

- تأمین حداقل استحکام کششی لازم؛
- حداقل توان مصرفی؛
- سرعت سرد شدن کافی؛
- امکان ساخت یا در دسترس بودن آلیاژ مورد نیاز.

مقدار این تأثیرات را براساس ۱/۵٪ کرنش، ۱/۶ ثانیه زمان تحریک و حداکثر ۲۴۲ پین در هر خط بریل محاسبه کرده و در جدول ۱ فهرست نموده‌ایم. براساس این اطلاعات، بنظر می‌رسد سیم تایتانول با قطر ۱/۲۷ میلی‌متر مناسب ترین شرایط را دربرآورد.

جدول ۱- تأثیر قطر بر مشخصات الکتریکی و حرارتی سیم تایتانول.

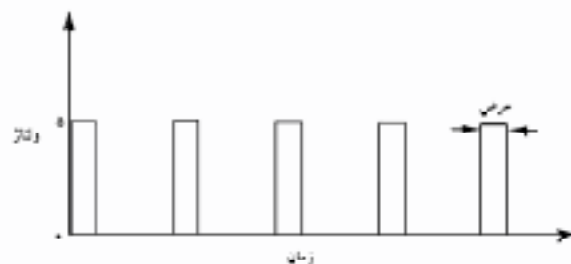
زمان (s)	مقاومت (امپ)	چگرم (گرم)	توان (W)	پتانسیل (ولت)	جریان (A)	قطر (mm)
۵/۵	۱/۲۳۳	۱۳۰	۲۰۰	۱۶/۳	۱۲/۳	۰/۲۵
۲/۵	۱/۳۱	۵۱۰	۱۳۲	۱۷/۱	۷/۴۰	۰/۲۰
۲/۰	۳/۷۰	۳۳۰	۵۱	۱۸/۱	۴/۴۰	۰/۱۵
۱/۶	۵/۰۰	۲۳۰	۳۷	۱۵/۳	۳/۰۰	۱/۲۷
۰/۸	۱۱/۲	۱۵۰	۲۵	۱۵/۰	۲/۲۰	۰/۲۰
۰/۵	۲۵	۳۵	۱۹	۱۵/۵	۱/۲۲	۰/۲۰

افزایش فرکانس جریان اگر چه از دید فرکانس جریان باعث کاهش زمان تحریک هر چرخه می‌شود، اما به علت محدودیت دبی انتقال حرارت، امکان تأثیر بر هیستریس گرمایی آلیاژ و مشکلات سوئیچ کردن فرکانس در مدار کنترل، کاهش توان مصرفی نمی‌تواند تأثیر چندانی مطلوبی بر مشخصات طراحی و بازدهی سیستم داشته باشد. لذا ترجیحاً فرکانس یک هر ت در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت.

### مدار الکترونیکی

باتوجه به پیشنهاد استفاده از جریان غیر پیوسته پالس برای تحریک پینهای سلول بریل، استفاده از نتایج محاسبات نظری مبتنی بر جریان پیوسته، نمی‌تواند از دقت کافی برخوردار باشد. لذا لازم است آزمایشگری با امکان ایجاد موج مربعی با دامنه کنترل شده برای تعیین مقادیر مناسب پارامترهای کنترل، ساخته شود. برای انجام این کار راه‌های متنوعی وجود دارد که با توجه به لزوم تنظیم فرکانس و مدت زمان فعال بودن پالس، از یک سیستم میکروکنترلر خانواده 8051 و برای طراحی سیستم تست از یک میکروکنترلر خانواده MCS51 استفاده شد [۹].

مشخصات پالس مورد استفاده برای تست پین، در شکل ۸ نشان داده شده است. زمان فعال بودن (پهنای پالس) از ۶۵ تا ۲۵۰ میکروثانیه در پله‌های ۲۵۰ میکروثانیه‌ای و فرکانس پالس از ۱ تا ۱۰ هر ت توسط کاربر قابل تنظیم می‌باشند. برای برنامه ریزی میکروکنترلر، نرم افزاری به زبان اسمبلی تهیه و مورد استفاده قرار گرفت [۹].



شکل ۸- مشخصات پالس مورد استفاده برای تست پین.

جدول ۳- مشخصه‌های مصرف انرژی برای کنترل سلول بریل ساخته شده با آلیاژ حافظه دار نایتینول.

ردیف	مشخصه	مقدار
۱	توان مصرفی هر بریل	۰/۶ وات
۲	توان مصرفی کلی	۱۴۵ وات
۳	جرم بار لحظه‌ای نیتینول	۹/۵ گرم
۴	ولتاژ تحریک بریل‌ها	۱۵ ولت
۵	فرکانس جریان	۱ هرتز
۶	زمان تحریک هر بریل	۴ سلیکانه
۷	تعداد بریل‌های مؤثر	۲۴۹

قابلیتهای نمایشگر لمسی حاصل می‌تواند تا ۲۰٪ در سرعت و پایداری که بتوان کامپیوتر شخصی نابینا مورد استفاده قرار گیرد کار بردهای عمومی این سیستم را می‌توان برقرار زیر فهرست کرد:

- ۱- امکان تبدیل متن فارسی به متن بریل.
- ۲- امکان ارائه اطلاعات کتابهای جدید از طریق اطلاعات فایل رایانه‌ای با سرعت بالا و بدون نیاز به چاپ روی کاغذ به نابینایان و کم بینایان.
- ۳- استفاده از برجسته‌ساز برای یادداشت برداری و تایپ بعنوان ماشین تحریر بریل.
- ۴- امکان ذخیره‌سازی، جستجو، دسترسی و ایجاد تغییرات سریع در متن.
- ۵- امکان انتقال فایل‌های نوشتاری بین نابینایان با فرمت خاص.
- ۶- کلیدهای کنترلی و کلیدهای میان‌بر برای سهولت دسترسی به اطلاعات.
- ۷- ارائه شماره خط در یک متن.

## مراجع

1. McCarty, L. H. "Speech Ability is Key to Braille Computer Display", *Design News*, 2, 12, (1990), 158-159.
2. Huang, J., Genshan, Ma, Jintang, W., Wenzhu, Ma. "Primary experimental study on occlusion arterial blood flow by implantation of Nitinol alloy stent", *Trans. Mat. Res. Soc. Jpn.*, Vol. 18B, pp 1183-1186, (1994).
3. Perkins, J., "Shape Memory Behavior and Thermoelastic Martensitic Transformation", *Materials Science and Engineering*, 51, (1981) 181-192.
4. Tuominen, S. M. and Biermann, R. J. "Shape-Memory Wires", *JOM*, (Feb. 1988), 32-35.
5. Saituri, T., "New Development of TiNi Shape Memory Alloys", *Trans. Mat. Res. Soc. Jpn.*, Vol. 18B, pp 997-1002, (1994).
6. وتوفی، صدرزاده و حریلو، "تعمین خواص ترمومکانیکی و ترموالکتریکی آلیاژ حافظه دار Ni - Ti به منظور طراحی سیستم‌های تحریک الکتریکی مهندسی ساخت و تولید، نشست ۴، مقاله ۴، (۱۳۷۴).
7. Adler, P. H., Yu, W., Felton, A. R., Zando, R., Duerig and Barresi, R., "On the Tensile and Torsional Properties of Pseudoelastic NiTi", *Scripta Metallurgica et Materiala*, Vol. 24, No. 5, pp 943-947, (1990).
8. Ohkata, I. "Application of shape memory alloys in Japan", *Trans. Mat. Res. Soc. Jpn.*, Vol. 18B, pp 1125-1130, (1994).
9. ادانسن، م. پی، "کامپیوتر آلیاژهای حافظه‌دار در طراحی و ساخت سیستم‌های نمایشگر لمسی بریل"، پروژه کارشناسی ارشد استاد راهنما: مدرّزاده، ۱۳۷۶.

۵- صفحه محافظ فر برای هر سلول در ابعاد ۲۰.۷/۵ میلی‌متر و ضخامت ۱۰ میلی‌متر.

۶- فر فشاری برای برگشت بریل به طول ۸ میلی‌متر و قطر ۱/۲ میلی‌متر.

۷- صفحه تقسیم‌کننده جریان الکتریکی و تکیه‌گاه پایین فر در ابعاد ۲۰.۷/۵ میلی‌متر و ضخامت ۲ میلی‌متر.

۸- لوله فولادی به قطر ۶/۶۵ میلی‌متر برای اتصال به سیم نایتینول و لوله فلزی.

۹- آلیاژ حافظه دار نایتینول به قطر ۵/۲۵ میلی‌متر و به طول ۴۰ میلی‌متر.

۱۰- پیچ و مهره تنظیم به طول ۲۰ میلی‌متر و قطر ۰/۸۵ میلی‌متر و گام ۱/۱- برای کالیبره کردن سنجایی.

۱۱- صفحه تقسیم‌کننده جریان الکتریکی تحتانی در ابعاد ۲۰.۷/۵ میلی‌متر و ضخامت ۲ میلی‌متر.

آنچه که در نقشه مشخص شده مکانیزم و اجزای یک بریل متحرک از ۸ بریل یک سلول بریل است. همانطور که عنوان شد، در یک سلول بریل ۸ بریل متحرک در یک آرایش ماتریسی ۲×۴ کنار هم قرار می‌گیرند. فاصله مراکز هر دو بریل مجاور ۳ میلی‌متر خواهد بود و هر بریل نسبت به پینهای دیگر کاملاً مستقل عمل می‌کند. لذا عملکرد پینهای یک سلول با هم مشابه است.

عملکرد یک بریل متحرک بدین گونه است که در حالت معمولی حدود یک میلی‌متر از پین پله دار (قطعه شماره ۱۲) از صفحه فوقانی (قطعه شماره ۱۱) بیرون است. هر گاه از سیم نایتینول برق عبور کند، آلیاژ تغییر فاز داده و طول آن کاهش می‌یابد. از این رو پین متصل به خود را با متعلقانش به پایین می‌کشد. در نتیجه فتر بین قطعه‌های ۴ و ۷ محصور و فشرود می‌شود. در نتیجه میزان برآمدگی از صفحه فوقانی پین از بین خواهد رفت.

برای برگشت پین به حالت اولیه، جریان الکتریکی باید قطع شود تا در نتیجه سرد شدن، امکان افزایش طول سیم و اعمال نیروی برگشت فنر فراهم شود. جلیبایی یک پین با کورس یک میلی‌متر را می‌توان متناوباً تکرار نمود. علی‌هذا در هر لحظه می‌توان با تحریک نامرئی از تحت، پین هر سلول، حروف مختلف بریل را بصورت برجسته ایجاد نمود. شایان ذکر است که جریان الکتریکی از طریق قطعات ۷ و ۱۱ به دو سر آلیاژ اعمال می‌گردد. در این طرح، ولتاژ اعمالی ۱۲ ولت مستقیم است. ضمناً قطعات نشان داده شده در شکل، توسط پایه‌هایی ثابت نگاه‌داشته شده و فاصله بین آنها تغییر نمی‌کند.

سیستم کنترل الکترونیکی، سهولت تحریک الکتریکی سلولها را بعهده داشته و رابطه بین سیستم تحریک عملگرهای سلول و خروجی کامپیوتر است. این سیستم، امکان تحریک همزمان ۳۲۰ عملگر از ۴۰ سلول بریل در یک پایه و فرمانهای خروجی از محل اتصال RS232 را فراهم می‌آورد.

کامپیوتر مورد استفاده در اینجا، بدون مانیتور بوده و فقط از امکانات پردازش و ذخیره اطلاعات و محلهای اتصال ورودی و خروجی بهره‌مند است. این کامپیوتر باید حداقل ۲ مگابایت حافظه سافت و ۱۲۰ مگابایت حافظه دائمی داشته باشد. مشخصه‌های سلول لمسی ساخته شده از دیدگاه مصرف انرژی در جدول ۳ خلاصه شده‌اند.

## نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

برگترین مزیت سلول نمایشگر لمسی ساخته شده با آلیاژ حافظه‌دار، طراحی و ساخت آن در داخل کشور است. هزینه ساخت این سلول در مقایسه با نمونه‌های خارجی نازل بوده و با توجه به نوع نیاز نابینایان به امکان انتخاب و استفاده از زبان، خدمات و ... قابلیت انعطاف بیشتری را دارا است. سادگی مکانیزم عمل، قابلیت افزایش امکانات و تطابق با نرم‌افزارهای رایج از دیگر مزایای این سیستم است.